

PAT-NO: JP411296560A
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 11296560 A
TITLE: WIRING DESIGN DEVICE AND ITS METHOD
PUBN-DATE: October 29, 1999

INVENTOR-INFORMATION:
NAME COUNTRY
MATSUMOTO, HIROYUKI N/A
KATSUMATA, MINORU N/A
HIRAYAMA, KAZUHIKO N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:
NAME COUNTRY
INTERNATL BUSINESS MACH CORP <IBM> N/A

APPL-NO: JP10069677
APPL-DATE: March 19, 1998

INT-CL (IPC): G06F017/50

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a wiring design device and its method which can design wiring by design rules while suppressing local wiring concentration.

SOLUTION: Wiring design software reads in and analyzes design information to generate wiring problems and then makes bonding pads and pins of a semiconductor package to correspond to each other (S102, S104). Then a monitor side used to monitor a path is generated between an arbitrary sink element and a wiring inhibition area (S106, S108). Then wiring paths are searched for by Dijkstra method, etc., while crossing is allowed and if the monitor side is crossed, an evaluation value is calculated by weighting the length of a candidate path by a coefficient W to select, as a partial path, a candidate path having the least evaluated value (S110). Lastly, the wiring result is outputted (S112).

COPYRIGHT: (C)1999,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-296560

(43) 公開日 平成11年(1999)10月29日

(51) Int.Cl.⁸
G 0 6 F 17/50

識別記号

F I
G 0 6 F 15/60

6 5 8 Z
6 5 8 F

審査請求 未請求 請求項の数11 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願平10-69677

(22) 出願日 平成10年(1998)3月19日

(71) 出願人 390009531

インターナショナル・ビジネス・マシー
ズ・コーポレーション
INTERNATIONAL BUSIN
ESS MACHINES CORPO
RATION
アメリカ合衆国10504、ニューヨーク州
アーモンク (番地なし)

(72) 発明者 松 本 浩 之

神奈川県大和市下鶴間1623番地14 日本ア
イ・ピー・エム株式会社 大和事業所内

(74) 代理人 弁理士 坂口 博 (外1名)

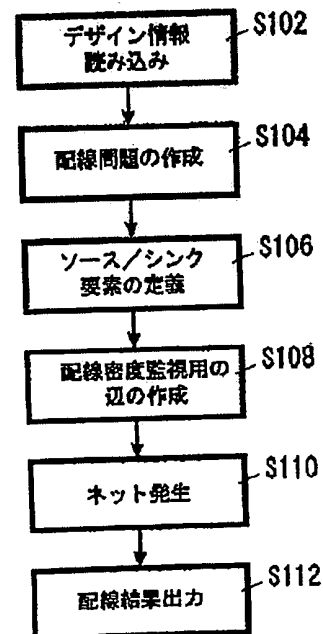
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 配線設計装置およびその方法

(57) 【要約】

【課題】 デザインルールを守り、かつ、局所的な配線集中を抑えて配線設計を行なうことができる配線設計装置およびその方法を提供する。

【解決手段】 配線設計ソフトウェア3は、デザイン情報を読み込み、解析して配線問題を作成し、半導体パッケージのボンディングパッドおよびピンを互いに対応付ける(S102, S104)。次に、経路の監視に用いる監視辺Eを任意のシンク要素および配線禁止領域の間に作成する(S106, S108)。次に、ダイクストラ法等により配線経路の探索を交差を許して行ない、監視辺Eと交差する場合には候補経路の長さを係数Wにより重み付けした評価値を算出し、評価値が最低の値をとる候補経路を部分経路として選択する(S110)。最後に、配線結果を出力する(S112)。



S100

【特許請求の範囲】

【請求項1】1つの面上に設けられた複数の端点同士を、前記面上の配線禁止領域以外を通る経路で接続する配線を設計する配線設計装置であって、前記端点および前記面上の配線禁止領域（要素）の任意の2つの間それぞれに仮想的な配線密度監視用の辺（監視辺）を作成する監視辺作成手段と、前記監視辺それぞれと交差する配線の幅に基づいて、前記端点同士を接続する配線の経路（配線経路）を設計する配線設計手段とを有する配線設計装置。

【請求項2】前記配線設計手段は、少なくとも前記要素の間隔、前記要素の間に占める前記配線の幅の割合（配線密度）、前記要素間隔前記配線の間隔および前記配線の幅を示すデザインルールに従って配線経路を作成する請求項1に記載の配線設計装置。

【請求項3】前記配線設計手段は、前記配線それぞれが始まる端点から、前記配線それぞれが終わる端点まで、前記配線それぞれの経路を1つ以上に分けた部分（部分経路）ごとに、前記デザインルールに従って前記配線それぞれの経路を順次、探索し、1つ以上の前記部分経路の候補（候補経路）を作成する候補経路作成手段と、作成された前記候補経路それぞれの経路長と、前記候補経路と交差する監視辺の配線密度とに基づいて、前記候補経路それぞれの経路長が長ければ長いほど、前記候補経路それぞれが交差する前記監視辺と交差する配線の幅が広ければ広いほど大きな値をとる前記候補経路それぞれの経路長評価値を算出する経路長評価手段と、作成された前記候補経路の内、算出された前記経路長評価値が最小になるいずれかを前記部分経路として選択する経路選択手段と、選択された前記部分経路を接続して、前記配線それぞれの経路を設計する部分経路接続手段とを有する請求項2に記載の配線設計装置。

【請求項4】前記経路長評価手段は、作成された前記候補経路それぞれと交差する前記監視辺の配線密度が大きければ大きいほど大きな値をとる重み付け係数と、前記候補経路それぞれの経路長とを乗算して、前記経路長評価値を算出する請求項3に記載の配線設計装置。

【請求項5】前記候補経路作成手段は、他の配線経路との交差を許して前記候補経路を作成し、前記経路長評価算出手段は、交差を許して作成された前記候補経路の経路長評価値を算出し、前記経路選択手段は、選択した前記部分経路と他の配線経路とが交差する場合、交差が解消するように選択した前記部分経路と他の配線経路とを変更する請求項3に記載の配線設計装置。

【請求項6】1つの面上に設けられた複数の端点同士を、前記面上の配線禁止領域以外を通る経路で接続する配線を設計する配線設計方法であって、

前記端点および前記面上の配線禁止領域（要素）の任意の2つの間それぞれに仮想的な配線密度監視用の辺（監視辺）を作成し、

少なくとも前記要素の間隔、前記要素の間に占める前記配線の幅の割合（配線密度）、前記要素間隔前記配線の間隔および前記配線の幅を示すデザインルールに従って、前記配線それぞれが始まる端点から、前記配線それぞれが終わる端点まで、前記配線それぞれの経路を1つ以上に分けた部分（部分経路）ごとに、前記配線それぞれの経路を順次、探索し、1つ以上の前記部分経路の候補（候補経路）を作成し、

作成された前記候補経路それぞれの経路長と、前記候補経路と交差する監視辺の配線密度とに基づいて、前記候補経路それぞれの経路長が長ければ長いほど、前記候補経路それぞれが交差する前記監視辺と交差する配線の幅が広ければ広いほど大きな値をとる前記候補経路それぞれの経路長評価値を算出し、

作成された前記候補経路の内、算出された前記経路長評価値が最小になるいずれかを前記部分経路として選択し、

選択された前記部分経路を接続して、前記配線それぞれの経路を設計する請求項2に記載の配線設計方法。

【請求項7】1つの面上に設けられた複数の端点同士を、前記面上の配線禁止領域以外を通る経路で接続する配線を設計するプログラムであって、前記端点および前記面上の配線禁止領域（要素）の任意の2つの間それぞれに仮想的な配線密度監視用の辺（監視辺）を作成する監視辺作成ステップと、前記監視辺それぞれと交差する配線の幅に基づいて、前記端点同士を接続する配線の経路（配線経路）を設計する配線設計ステップとを含むプログラムを記録した記録媒体。

【請求項8】前記配線設計ステップにおいて、少なくとも前記要素の間隔、前記要素の間に占める前記配線の幅の割合（配線密度）、前記要素間隔前記配線の間隔および前記配線の幅を示すデザインルールに従って配線経路を作成する処理を行なうプログラムを記録した請求項7に記載の記録媒体。

【請求項9】前記配線設計ステップにおいて、前記配線それぞれが始まる端点から、前記配線それぞれが終わる端点まで、前記配線それぞれの経路を1つ以上に分けた部分（部分経路）ごとに、前記デザインルールに従って前記配線それぞれの経路を順次、探索し、1つ以上の前記部分経路の候補（候補経路）を作成する候補経路作成処理と、

作成された前記候補経路それぞれの経路長と、前記候補経路と交差する監視辺の配線密度とに基づいて、前記候補経路それぞれの経路長が長ければ長いほど、前記候補経路それぞれが交差する前記監視辺と交差する配線の幅が広ければ広いほど大きな値をとる前記候補経路それぞ

れの経路長評価値を算出する経路長評価処理と、作成された前記候補経路の内、算出された前記経路長評価値が最小になるいずれかを前記部分経路として選択する経路選択処理と、

選択された前記部分経路を接続して、前記配線それぞれの経路を設計する部分経路接続処理とを行なうプログラムを記録した請求項8に記載の記録媒体。

【請求項10】前記経路長評価ステップにおいて、作成された前記候補経路それぞれと交差する前記監視辺の配線密度が大きければ大きいほど大きい値をとる重み付け係数と、前記候補経路それぞれの経路長とを乗算して、前記経路長評価値を算出する処理を行なうプログラムを記録した請求項8に記載の記録媒体。

【請求項11】前記候補経路作成ステップにおいて、他の配線経路との交差を許して前記候補経路を作成する処理と、

前記経路長評価算出ステップにおいて、交差を許して作成された前記候補経路の経路長評価値を算出する処理と、

前記経路選択ステップにおいて、選択した前記部分経路と他の配線経路とが交差する場合、交差が解消するように選択した前記部分経路と他の配線経路とを変更する処理とを行なうプログラムを記録した請求項8に記載の記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、例えば、半導体チップに設けられたボンディングパッドと、半導体パッケージに設けられたピン（端子）との間で最適な配線の経路を設計する配線設計装置およびその方法に関する。

【0002】

【従来の技術】電子機器に用いられるプリント基板の配線、あるいは、半導体チップのボンディングパッドと半導体パッケージのピン（端子）との間等の配線設計を、自動的または半自動的に行なう配線設計装置が、「特開平5-143689号公報（文献1）」等に開示されている。これらの従来技術を用いると、半導体パッケージの配線等を、ピンの間隔およびピンの間に占める配線幅の上限等を示すデザインルールに従って、自動的または半自動的に行なうことができる。

【0003】しかしながら、これらの従来技術による配線設計の結果には、部品の配置およびピンの位置関係等の条件に起因して、局所的な配線の集中が含まれてしまうことがある。局所的な配線集中は、製品の電気的特性を低下させることがあるので、解消されなければならない。このような配線集中を解消するためには、人手による配線の修正あるいは部品配置等の変更等の方法が従来、採られていた。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、上述した従

来技術の問題点に鑑みてなされたものであり、デザインルールを守り、しかも、局所的な配線集中を含まない配線設計を、自動的に行なうことができ、人手による配線および部品配置の修正を不要にする配線設計装置およびその方法を提供することを目的とする。

【0005】また、本発明は、部品配置および相互に接続されるピンの位置関係等のネット情報によらず、デザインルールを守り、かつ、局所的な配線集中を抑えて配線設計を行なうことができる配線設計装置およびその方法を提供することを目的とする。

【0006】

【課題を達成するための手段】「配線設計装置」上記目的を達成するために、本発明にかかる配線設計装置は、1つの面上に設けられた複数の端点同士を、前記面上の配線禁止領域以外を通る経路で接続する配線を設計する配線設計装置であって、前記端点および前記面上の配線禁止領域（要素）の任意の2つの間それぞれに仮想的な配線密度監視用の辺（監視辺）を作成する監視辺作成手段と、前記監視辺それぞれと交差する配線の幅に基づいて、前記端点同士を接続する配線の経路（配線経路）を設計する配線設計手段とを有する。

【0007】好適には、前記配線設計手段は、少なくとも前記要素の間隔、前記要素の間に占める前記配線の幅の割合（配線密度）、前記要素間隔前記配線の間隔および前記配線の幅を示すデザインルールに従って配線経路を作成する。

【0008】好適には、前記配線設計手段は、前記配線それぞれが始まる端点から、前記配線それぞれが終わる端点まで、前記配線それぞれの経路を1つ以上に分けた部分（部分経路）ごとに、前記デザインルールに従って前記配線それぞれの経路を順次、探索し、1つ以上の前記部分経路の候補（候補経路）を作成する候補経路作成手段と、作成された前記候補経路それぞれの経路長と、前記候補経路と交差する監視辺の配線密度とに基づいて、前記候補経路それぞれの経路長が長ければ長いほど、前記候補経路それぞれが交差する前記監視辺と交差する配線の幅が広ければ広いほど大きな値をとる前記候補経路それぞれの経路長評価値を算出する経路長評価手段と、作成された前記候補経路の内、算出された前記経路長評価値が最小になるいずれかを前記部分経路として選択する経路選択手段と、選択された前記部分経路を接続して、前記配線それぞれの経路を設計する部分経路接続手段とを有する。

【0009】好適には、前記経路長評価手段は、作成された前記候補経路それぞれと交差する前記監視辺の配線密度が大きければ大きいほど大きい値をとる重み付け係数と、前記候補経路それぞれの経路長とを乗算して、前記経路長評価値を算出する。

【0010】好適には、前記候補経路作成手段は、他の配線経路との交差を許して前記候補経路を作成し、前記

経路長評価算出手段は、交差を許して作成された前記候補経路の経路長評価値を算出し、前記経路選択手段は、選択した前記部分経路と他の配線経路とが交差する場合、交差が解消するように選択した前記部分経路と他の配線経路とを変更する。

【0011】〔配線設計装置の作用〕本発明にかかる配線設計装置は、監視辺上の配線密度を考慮して配線経路を導出することにより、例えば、半導体チップのボンディングパッドと、半導体パッケージのピン（端子）との間を、半導体パッケージの配線禁止領域を避け、デザインルールを守り、しかも、配線の局所的集中を抑えつつ、半導体パッケージの配線面上を通る経路で接続する配線を設計する。以下、半導体チップのピンと半導体パッケージの（端子）ピンとの接続を例として説明する。

【0012】〔監視辺作成手段〕監視辺作成手段は、例えば、半導体パッケージの配線面の内、経験的に配線が集中しがちな部分、例えばビングリッドアレイのピンの配列の角の部分に配置された隣接する端子ピンの間、あるいは、隣接するピンと禁止領域との間に、配線集中が発生しているか否かを判定するために用いる仮想的な辺（監視辺）を作成する。

【0013】〔配線設計手段〕配線設計手段は、半導体パッケージのピンと半導体チップのボンディングパッドとの接続関係を示すデザイン情報、および、ピンおよび禁止領域（これらをまとめて要素とも記す）の2つの間の配線密度（要素の間隔に占める配線幅）に基づいて、ボンディングパッドから順次、部分経路を伸ばす。さらに、配線設計手段は、監視辺上の配線密度を緩和するように部分経路を順次、選択し、ピンとボンディングパッドとの間の配線経路を設計する。

【0014】〔候補経路設計手段〕配線設計手段において、候補経路設計手段は、例えば、デザインルールに従って、ダイクストラ(Dijkstra)法等の探索アルゴリズムにより、配線の始点から終点に向けて、節点と次の節点とを繋ぎ得る経路の候補を、他の配線との交差を許して1つ以上、作成する。つまり、候補経路設計手段は、順次、ボンディングパッドから最初の節点まで、節点から次の節点まで、あるいは、節点からピンまでをつなぐ経路を可能なかぎり多く作成し、これらを候補経路とする。

【0015】〔経路長評価手段〕経路長評価手段は、候補経路が監視辺と交差しない場合には、その候補経路の長さをそのまま経路長評価値とし、候補経路が監視辺と交差する場合には、それまでに監視辺と交差する経路を通るように引かれた配線の監視辺における配線密度に応じた係数を、その候補経路の長さに乗算して経路評価値とする。例えば、経路長評価手段は、他に全く配線が交差しない監視辺と候補経路が交差した場合には係数を1とし、配線密度が50%以上の監視辺と候補経路が交差した場合には係数を1.0とするなど、候補経路の長さが

ければ長いほど、また、候補経路と交差する監視辺の配線密度が高ければ高いほど高い値をとる経路評価値を算出する。

【0016】〔経路選択手段〕経路選択手段は、最も経路評価値が低い値をとる候補経路を、その節点（ピン、ボンディングパッド）間における部分経路として選択する。つまり、経路選択手段は、長さが短く、かつ、配線密度が低い監視辺を通る候補経路をその区間における部分経路として選択し、異常に長い候補経路、および、長さが短くても局所的に配線が集中している部分を通る部分経路を排除することにより、配線長と配線密度との最適化を図る。さらに、経路選択手段は、選択した候補経路が他の配線と交差している場合には、この交差を解消するようにデザイン情報を自動的に修正する。

【0017】〔配線設計方法〕また、本発明にかかる配線設計方法は、1つの面上に設けられた複数の端点同士を、前記面上の配線禁止領域以外を通る経路で接続する配線を設計する配線設計方法であって、前記端点および前記面上の配線禁止領域（要素）の任意の2つの間それぞれに仮想的な配線密度監視用の辺（監視辺）を作成し、少なくとも前記要素の間隔、前記要素の間隔に占める前記配線の幅の割合（配線密度）、前記要素間隔前記配線の間隔および前記配線の幅を示すデザインルールに従って、前記配線それぞれが始まる端点から、前記配線それぞれが終わる端点まで、前記配線それぞれの経路を1つ以上に分けた部分（部分経路）ごとに、前記配線それぞれの経路を順次、探索し、1つ以上の前記部分経路の候補（候補経路）を作成し、作成された前記候補経路それぞれの経路長と、前記候補経路と交差する監視辺の配線密度とに基づいて、前記候補経路それぞれの経路長が長ければ長いほど、前記候補経路それぞれが交差する前記監視辺と交差する配線の幅が広ければ広いほど大きな値をとる前記候補経路それぞれの経路長評価値を算出し、作成された前記候補経路の内、算出された前記経路長評価値が最小になるいずれかを前記部分経路として選択し、選択された前記部分経路を接続して、前記配線それぞれの経路を設計する。

【0018】〔記録媒体〕また、本発明にかかる記録媒体は、1つの面上に設けられた複数の端点同士を、前記面上の配線禁止領域以外を通る経路で接続する配線を設計するプログラムであって、前記端点および前記面上の配線禁止領域（要素）の任意の2つの間それぞれに仮想的な配線密度監視用の辺（監視辺）を作成する監視辺作成ステップと、前記監視辺それぞれと交差する配線の幅に基づいて、前記端点同士を接続する配線の経路（配線経路）を設計する配線設計ステップを含むプログラムを記録する。

【0019】

〔発明の実施の形態〕以下、本発明の実施形態を説明する。なお、以下、本発明を半導体パッケージの配線に応

用する場合を例として説明するが、本発明はこれ以外に、プリント基板の設計等、広い用途に応用可能である。

【0020】[コンピュータネットワーク1]以下、本発明にかかる配線設計方法および配線判定方法が適用されるコンピュータネットワーク1を説明する。図1は、本発明が適用されるコンピュータネットワーク1の構成を例示する図である。図1に示すように、コンピュータネットワーク1は、 n 台のクライアントコンピュータ10、通信回線18およびサーバコンピュータ20から構成される(但し、図1は $n=1$ の場合を例示)。

【0021】図2は、図1に示したクライアントコンピュータ10とサーバコンピュータ20との間の機能分担を例示する図である。また、図2に例示するように、コンピュータネットワーク1において、クライアントコンピュータ10は、半導体チップの設計を行なうCAD(computer aided design)ソフトウェア120を実行し、サーバコンピュータ20は、半導体チップのボンディングパッドと半導体パッケージのピンとの間の配線を設計する配線設計ソフトウェア3を実行する。なお、本発明にかかる配線設計方法は、図2に例示した構成の他、同一のコンピュータが、CADソフトウェア120と配線設計ソフトウェア3とを実行する構成によっても実現される。

【0022】コンピュータネットワーク1は、これらの構成部分により、半導体チップのボンディングパッドの位置を示す情報(パッド位置情報)、半導体パッケージの端子(ピン)の位置を示す情報(ピン位置情報)、ボンディングパッドとピンとの接続関係を示す情報(配線情報)、および、半導体パッケージの配線面において、配線を通すことが禁じられる領域(配線禁止領域)を示す情報(配線禁止領域情報)に基づいて、ボンディングパッドとピンとの間を、配線長がなるべく短くなり、しかも、配線が局所的に集中しないような経路で接続する配線を設計する。なお、以下、パッド位置情報、ピン位置情報および配線情報を総称して、「デザイン情報」とも記す。なお、デザイン情報は、例えば、下表1に示すような形式で、配線(NET)と、ボンディングパッド(Pad)と、ピン(Pin)とを対応付けたデータ構造をとる。

【0023】

【表1】

(表1: デザイン情報の例)

NET-A,	Pad1,	Pin20
NET-B,	Pad13,	Pin4
NET-C,	Pad25,	Pin15
NET-D,	Pad11,	Pin94

【0024】[通信回線18] 通信回線18は、データ

通信が可能なLAN、データ専用回線、ISDN回線あるいは電話回線等あって、クライアントコンピュータ10とサーバコンピュータ20との間でデータを伝送する。

【0025】[クライアントコンピュータ10] クラ、アントコンピュータ10は、図1に示すように、コンピュータ本体100、CRT表示装置あるいは液晶表示装置等のディスプレイ装置102、入力装置104、プリンタ装置およびプロッタ装置等を含む出力装置110、ハードディスク装置あるいは光磁気(MO)ディスク装置等の記憶装置112、および、通信装置114から構成される。

【0026】[入力装置104] 入力装置104は、キーボード106およびマウス108等を含み、ユーザの操作に応じて半導体回路の設計あるいは設計変更に必要な情報、および、半導体パッケージのピン配置に関する情報を受け入れ、コンピュータ本体100に対して出力する。

【0027】[記憶装置112] 記憶装置112は、図2に示したCADソフトウェア120、入力装置104を介して入力された情報、CADソフトウェア120により設計された半導体回路を示す情報、設計した半導体回路を実際の半導体チップとして実現した場合の回路配置およびボンディングパッドの配置を示す情報、および、サーバコンピュータ20から伝送されてきた半導体チップのピンとボンディングパッドとの間の配線を示す情報等のデータを記憶し、記憶したデータを、要求に応じてコンピュータ本体100に対して出力する。

【0028】[通信装置114] 通信装置114は、イーサネットアダプタ、トークンリングアダプタ、FDDI、TA(terminal adapter)あるいはモデム等であって、コンピュータ本体100の制御に従って、通信回線18を介して、クライアントコンピュータ10とサーバコンピュータ20との間のデータ伝送を行なう。

【0029】[コンピュータ本体100] コンピュータ本体100は、CPU、メモリおよびこれらの周辺回路等から構成され、いわゆるパーソナルコンピュータあるいはワークステーションとしての機能を有し、クライアントコンピュータ10の各構成部分を制御する。

【0030】[CADソフトウェア120の処理] また、コンピュータ本体100は、図2に示したCADソフトウェア120を記憶装置112からメモリにロードして実行し、以下の各処理を行なう。コンピュータ本体100は、入力装置104を介して入力された半導体回路の設計に必要な情報に基づいて半導体回路を設計し、さらに、設計した半導体回路の回路配置およびボンディングパッドの配置を設計し、ディスプレイ装置102、出力装置110および記憶装置112に対して出力する。

【0031】また、コンピュータ本体100は、設計し

た半導体回路のボンディングパッドの配置、および、ボンディングパッドそれぞれを、半導体パッケージのピンのいずれに接続するか等を示すデザイン情報を生成し、サーバコンピュータ20に対して伝送する(デザイン情報生成処理)。また、コンピュータ本体100は、サーバコンピュータ20から入力された半導体パッケージのピンとボンディングパッドとの間の配線結果をディスプレイ装置102等に表示してユーザに示す。

【0032】なお、ディスプレイ装置102等に表示された配線結果が、ピンとボンディングパッドとの間を交差なく全て配線できない(結線解がない)等の失敗に終わった場合には、ユーザは、半導体回路およびボンディングパッドの配置を変更し、配線の不正を解消するために、入力装置104を操作して設計変更情報の入力を行なう。コンピュータ本体100は、ユーザが入力した設計変更情報に基づいて、半導体回路、および/または、その回路およびボンディングパッドの配置を設計変更し、さらに、設計結果に基づいて新たなデザイン情報を生成し、新たなデザイン情報をサーバコンピュータ20に対して出力する。

【0033】[サーバコンピュータ20]サーバコンピュータ20は、図1に示すように、コンピュータ本体200、記憶装置202および通信装置204から構成される。

【0034】[記憶装置202]記憶装置202は、図2に示した配線設計ソフトウェア3、半導体チップのボンディングパッドと半導体パッケージのピンとの間の配線の設計に必要な情報、および、配線結果等を示すデータを記憶し、記憶したデータを、要求に応じてコンピュータ本体200に対して出力する。

【0035】[通信装置204]通信装置204は、通信装置114と同様に、コンピュータ本体200の制御に従って、通信回線18を介して、クライアントコンピュータ10とサーバコンピュータ20との間のデータ伝送を行なう。

【0036】[コンピュータ本体200]コンピュータ本体200は、コンピュータ本体100と同様にCPU、メモリおよびこれらの周辺回路等から構成され、サーバコンピュータ20の各構成部分を制御する。

【0037】[配線設計ソフトウェア3の処理]また、コンピュータ本体200は、図2に示した配線設計ソフトウェア3を記憶装置202からメモリにロードして実行し、以下に説明するように、クライアントコンピュータ10側から伝送されてきたデザイン情報に基づいて、半導体チップのボンディングパッドそれぞれと、半導体パッケージのピンそれぞれとを接続する配線を設計する。

【0038】また、コンピュータ本体200は、接続解の有無、どのような不正な配線の有無および不正な配線が、いずれのボンディングパッドとピンとの間に生じる

か等を示すデータを生成し、配線結果としてクライアントコンピュータ10に対して出力する。

【0039】図3は、図2に示した配線設計ソフトウェア3の処理を示すフローチャートである。図3に示すように、ステップ102(S102)において、配線設計ソフトウェア3は、コンピュータ本体200がクライアントコンピュータ10から受信したデザイン情報を読み込む。

【0040】ステップ104(S104)において、配線設計ソフトウェア3は、読み込んだデザイン情報を解析し、ボンディングパッドおよびピンを半導体パッケージの配線面上の点に置き換え、これらの位置関係を示すデータ(以下、このデータを、配線設計ソフトウェア3が解いて接続解を求める問題として捉えて、「配線問題」とも記す)を作成する。

【0041】図4は、図3に示したソース要素・シンク要素の分類および対応付け処理(S106)を例示する図である。ステップ106(S106;図3)において、配線設計ソフトウェア3は、図4の左側に示すように、配線問題の半導体パッケージ上のボンディングパッドおよびピンに対応する点を、それぞれ、配線が引き出されるソース要素、および、ソース要素の周囲に位置し

[例えば、半導体パッケージがピングリッドアレイ(PGA)の場合]、ピンに対応する点を、配線が引き込まれるシンク要素に分類し、さらに、図4の右側に示すように、相互に接続されるソース要素とシンク要素とを対応付けて順次、取り出して記憶する。

【0042】なお、このソース要素およびシンク要素の名称は便宜的なものであって、上記とは逆に、ボンディングパッドおよびピンに対応する点を、それぞれシンク要素およびソース要素と名付けてもよい。また、シンク要素、ソース要素の名称は、信号の方向と、なんら関係ない。また、ソース要素およびシンク要素の分類は、クライアントコンピュータ10側で行なうようにしてもよく、さらに、配線設計ソフトウェア3が、S106の処理において、クライアントコンピュータ10側で行なわれた分類を修正するようにしてもよい。

【0043】図5は、図3に示した監視辺Eの作成処理を例示する図である。なお、図5において、白丸はシンク要素を示し、黒丸は配線禁止領域を示し、点線は配線経路探索中の配線を示し、“CROSS”は監視辺Eと配線とが交差していることを示す。

【0044】ステップ108(S108;図3)において、配線設計ソフトウェア3は、図5に例示するように、配線の局所的な集中を回避するために、配線経路の監視に用いる仮想的な辺(監視辺E)を1つ以上、任意の2つのシンク要素の間それぞれ、および/または、任意のシンク要素と配線禁止領域との間に作成する。なお、監視辺Eを全ての隣接する要素の間に作成する必要はなく、例えば、半導体パッケージの配線面において経

路上、配線が集中しやすいことが判明している部分、および、高い周波数の信号が通る配線が多く、配線集中が半導体装置の性能を低下させやすい部分等に配置された隣接する2つのシンク要素および配線禁止領域（これらを総称して単に要素とも記す）間に作成するとよい。また、監視辺Eは、経路探索で使用する探索グラフ、あるいは、配線設計の結果について容量チェックを行なうために用いられるデータ等で代用することも可能である。

【0045】監視辺Eが満たすべき条件をまとめると、下表に示す通りとなる。

【0046】

【表2】

（表2：監視辺Eが満たすべき条件）

- (1) 監視辺Eは、長さを持つ
- (2) 監視辺Eの両端には2つの要素が、個別に識別可能に位置する。
- (3) 監視辺Eの両端には、配線経路の探索処理に利用可能なデザインルールが設定されている。
- (4) 配線経路探索処理において、監視辺Eと部分経路とが交差するか否かを判定することができる。
- (5) 部分経路を選択する際に、監視辺Eと交差する配線の幅（複数の配線が交差する場合には配線の幅の総和）を利用することができる。

【0047】ステップ110（S110；図3）において、配線設計ソフトウェア3は互に対応するソース要素とシンク要素との間をそれぞれ接続する配線を設計する（ネット発生）。なお、S110の処理において、全てのソース要素とシンク要素との接続が終了した場合、および、デザインルールに従った配線が導出できなかったときには、処理を終了し、その旨を示す情報をクライアントコンピュータ10に対して出力する。

【0048】図6および図7を参照してネット発生処理をさらに説明する。図6は、図3に示したネット発生処理（S110）を示すフローチャートである。図7は、図6に示した交差を許す重み付け探索処理（S122）を示すフローチャートである。

【0049】図6に示すように、ステップ120（S120）において、配線設計ソフトウェア3は、監視辺Eに関する情報、つまり、S108の処理において作成された監視辺Eそれぞれと、いずれの配線とが交差するか等を示す情報を初期化する。

【0050】ステップ122（S122）において、配線設計ソフトウェア3は、図7に示す交差を許す重み付け探索処理を行なう。

【0051】ここで、以下の説明を明確化するために、節点、部分経路および候補経路を説明する。節点とは、例えば、配線の経路を探索するときに、半導体パッケージに仮想的に作成される矩形の格子メッシュの格子辺と配線経路との交点として定義される。配線設計ソフトウェア3における配線経路の探索は、まず、ソース要素

（半導体チップのボンディングパッド）と最も近い格子辺上とを結ぶ1つ以上の配線経路を探索し、さらに、格子辺上の節点から最も近い他の格子辺上の節点へと配線経路を順次、伸ばすように探索し、最後に、シンク要素から最も近い格子辺上の節点からシンク要素への配線経路を探索することにより行なわれる。このように、節点は配線経路の探索において重要な役割を果たす。

【0052】また、ソース要素と節点、節点同士、および、節点とシンク要素とを接続する配線経路それぞれを部分経路と呼び、また、実際に部分経路と選択されるか否かを問わず、部分経路となりうる配線経路として探索された配線経路を部分経路と呼ぶ。

【0053】ステップ140（S140）において、配線設計ソフトウェア3は、最後にソース要素と接続された節点（最新の節点）と、配線容量の条件を満たして接続可能な次の節点があるか否かを判断する。接続可能な節点がある場合には、配線容量がデザインルールを満たすか否かのチェックを行なうダイクストラ法等を用いて、最新の節点と次の節点とを接続し得るあらゆる経路を探索してS142の処理に進み、接続可能な節点がない場合には処理を終了し、次の配線の経路探索処理に進む。なお、格子メッシュと配線との交点を節点としたダイクストラ法を適用することにより、効率よく最短経路探索を行なうことができる。また、この時に既に探索済みとなっている他の配線経路と、新たに探索された配線経路との交差は許されう。

【0054】ステップ142（S142）において、配線設計ソフトウェア3は、S140の処理において探索された候補経路のいずれかと監視辺Eとが交差するか否かを判断し、交差しない場合にはS152の処理に進み、交差する場合にはS144の処理に進む。

【0055】ステップ144（S144）において、配線設計ソフトウェア3は、処理の対象となっている配線と、S142の処理において交差が判定された監視辺Eと交差する他の配線の幅の総和が、監視辺Eの長さに占める割合（配線密度）に応じた重み付け係数Wを導出する。

【0056】なお、重み付け係数Wの値は、1以上の実数であって、候補経路と交差する監視辺の配線密度が高ければ高いほど大きい値をとる。また、配線設計ソフトウェア3は、例えば、配線密度を所定の関数に代入することにより導出しても、あるいは、予め実験等により、各配線密度の値に対して最適値として求められた重み付け係数Wと配線密度の値とを対応付けたテーブルを参照することにより導出してもよい。この重み付け係数と配線密度とのテーブルを下表に例示する。この重み付け係数は、デザイン情報によって最適値が異なることが予想されるので、配線問題の内容あるいは処理結果に応じて重み付け係数も変更できるようにしておくことが好ましい。

【0057】

* * 【表3】

(表3: 重み付け係数と配線密度との対応テーブル)

監視辺E上の配線密度(%) : 重み付け係数W(倍)

0(以上)~50(未満) : 1

50~70 : 5

70~80 : 10

80~90 : 20

90~100 : 40

100 : 当該監視辺上を配線不可能と判定する

【0058】ステップ146(S146)において、配線設計ソフトウェア3は、候補経路の長さsとS144において導出された重み付け係数Wとを乗算することにより、その候補経路の経路長評価値を算出する。

【0059】ステップ148(S148)において、配線設計ソフトウェア3は、監視辺と交差しない候補経路の長さをそのまま経路長評価値とする。

【0060】ステップ150(S150)において、配線設計ソフトウェア3は、最新の節点と次の節点の間を探索された全ての候補経路について配線長評価値を算出したか否かを判断し、全ての候補経路について配線長評価値を算出した場合にはS152の処理に進み、これ以外の場合にはS142の処理に戻る。

【0061】ステップ152(S152)において、配線設計ソフトウェア3は、S146までの処理において、配線評価値が最低の値をとる候補経路を選択し、最新の節点と次の節点との間の部分経路とし、この処理ループにおける「次の節点」を次の処理ループにおける「最新の節点」としてS140の処理に進む。

【0062】以上説明した重み付け探索処理を、図8~図10を参照してさらに説明する。図8~図10は、図6および図7に示した重み付け探索処理(S122)の処理を例示する第1~第3の図である。以下、図8に例示するように、S140(図7)の処理において、最新の節点sからシンク要素Nまで、交差を許す配線経路探索により2つの候補経路A、Bが探索され、候補経路A、Bが、同じ長さの監視辺E1、E2にそれぞれ交差している場合を具体例とする。

【0063】図8を参照してわかるように、候補経路Aは候補経路Bに比べて短い、候補経路Bが交差する監視経路E2に既に交差している配線は1本であるのに対し、候補経路Aが交差する監視辺E1には既に2本の配線が交差している。このような場合に、図9に示すように、S122の処理において、単純に長さが短い候補経路Aを部分経路として選択すると、監視経路E2と交差する配線は1本だけであるのに対し、監視経路E1と交差する配線は3本となり、局所的な配線の集中が発生する。

【0064】一方、図10に示すように、S122の処理において、候補経路Bを部分経路として選択すると、候補経路Aを選択した場合に比べて配線長は少し長くな

10 ※るものの、配線の集中を防ぐことができるので、この部分の電気的特性を全体として向上させることができる。つまり、S146(図7)において、候補経路の長さsに、この候補経路と交差する監視辺の配線密度が高ければ高いほど値が大きくなる重み付け係数Wを乗算して重み付けし、S152の処理において、重み付けした配線長評価値が最小となる候補経路を部分経路として選択することにより、配線の長さsと配線密度の両方を最適化することができる。

【0065】再び図6を参照する。ステップ124(S124; 図6)において、配線設計ソフトウェア3は、S122の処理において、互いに対応するソース要素とシンク要素との間の配線を導出できたか否かを判断する。配線を導出できた場合にはS126の処理に進み、導出できなかった場合にはその旨をクライアントコンピュータ10に対して通知し、処理を終了する。

【0066】図11は、図6に示した配線の交差の解消の処理(S124)を例示する図である。ステップ126(S126; 図6)において、配線設計ソフトウェア3は、図11に示すように、配線の交差を解消する。S122の処理においては、交差を許して配線経路を探索するため、図11の中央に点線で例示するように、互いに対応するソース要素Aとシンク要素aとを結ぶ配線が、他の配線と交差した状態で導出される。このように交差した配線を、図11の左側に示すように交点それぞれにおいて分離し、図11右側に示すように交差を解消した配線を得る。

【0067】図12を参照してさらに配線の交差の解消方法を説明する。図12は、図11に示した配線の交差部分を拡大して例示する図である。図12の左側に例示するように、S122の処理において、ソース要素(節点)Aとシンク要素(節点)bとを接続する配線Abと、ソース要素(節点)Bとシンク要素(節点)aとを接続する配線Baとが交差点で交差している場合、配線設計ソフトウェア3は、これらのいずれかの配線が、経路の進行方向(ソース要素からシンク要素の方向)沿って、いずれの方向に抜けていくかをテストする。

【0068】配線設計ソフトウェア3は、例えば、図12の左側に例示する場合において、配線Abが交差点に対して右から左に抜けていると判定すると、配線設計ソフトウェア3は、図12の右側に例示するように、交

差節点を分離し、配線経路の入れ替えを行なって配線の交差を解消する。従って、配線Ab、Baは、それぞれ配線Aa、Bbに変更される。

【0069】ステップ128(S128)において、配線設計ソフトウェア3は、S126における配線の交差の解消処理によって変更された配線と、いずれの監視辺とが交差するかを検出し、配線と監視辺との交差の状態を示す交差情報を更新する。

【0070】ステップ130(S130)において、配線設計ソフトウェア3は、ソース要素およびシンク要素のいずれかの全てに対して処理が終了し、残りの要素が空であるか否かを判断し、要素が空である場合には配線設計処理が終了したことをクライアントコンピュータ10に通知し、処理を終了してS112(図3)の処理に戻り、これ以外の場合にはS122の処理に戻る。

【0071】再び図3を参照する。ステップ112(S112)において、配線設計ソフトウェア3は、以上の処理により得られた配線設計の結果をクライアントコンピュータ10に対して出力する。

【0072】[コンピュータネットワーク1の動作]以下、コンピュータネットワーク1の動作を説明する。ユーザは、クライアントコンピュータ10(図1)を操作し、半導体チップのボンディングパッドと半導体パッケージのピンとを対応付けて、デザイン情報を作成する。デザイン情報の作成が終了すると、ユーザはデザイン情報をサーバコンピュータ20に対して送信し、配線設計ソフトウェア3を起動させて配線設計を行なわせる。

【0073】配線設計ソフトウェア3は、クライアントコンピュータ10から送られてきたデザイン情報を読み込み(図3、S102)、読み込んだデザイン情報を解析し、配線問題を作成する(図3、S104)。次に、配線設計ソフトウェア3は、配線問題の半導体パッケージ上のボンディングパッドおよびピンを、それぞれソース要素およびシンク要素(図4)に分類し、互いに対応付けて記憶する(図3、S106)。

【0074】次に、配線設計ソフトウェア3は、配線経路の監視に用いる仮想的な辺(監視辺E;図5)を1つ以上、任意の2つのシンク要素の間それぞれ、および/または、任意のシンク要素と配線禁止領域との間に作成する(図3、S108)。

【0075】次に、配線設計ソフトウェア3は、監視辺Eに関する情報を初期化し(図3、S110;図6、S120)、交差を許す重み付け探索処理を行なう(図6および図7、S122)。次に、配線設計ソフトウェア3は、最新の節点と次の節点があるか否かを判断し、接続可能な節点がある場合には、配線容量チェック付きのダイクストラ法等を用いて候補経路を探索し、接続可能な節点がない場合には処理を終了し、次の配線の経路探索処理に進む(図7、S140)。

【0076】次に、配線設計ソフトウェア3は、探索さ

れた候補経路のいずれかと監視辺Eとが交差するか否かを判断し、交差する場合には候補経路の長さを重み付け係数Wにより重み付けした経路長評価値を算出し(図7、S144、S146)、交差しない場合には候補経路の長さそのものを経路長評価値とする(図7、S148)。次に、配線設計ソフトウェア3は、最新の節点と次の節点との間の候補経路に対する処理を終了したか否かを判断し(S150)、終了した場合には、配線評価値が最低の値をとる候補経路を部分経路として選択する(図7、S152;図8~図10)。

【0077】次に、配線設計ソフトウェア3は、ソース要素とシンク要素との間の配線を導出できたか否かを判断し、導出できた場合には、配線の交差を解消し、監視辺と配線経路との交差情報を更新する(図6、S126、S128;図11および図12)、導出できなかった場合にはその旨をクライアントコンピュータ10に対して通知し、処理を終了する(図6、S124)。最後に、配線設計ソフトウェア3は、ソース要素およびシンク要素の全てに対して処理が終了したか否かを判断し、終了した場合には、配線設計処理が終了したことをクライアントコンピュータ10に通知して配線結果をクライアントコンピュータ10に対して送信し(図3、S112)、終了しない場合には、交差を許す重み付け探索処理(図6、S122)に戻る(図6、S130)。

【0078】以上説明したように、本発明にかかる配線設計方法は、従来のダイクストラ法等を用いた配線設計方法に簡単な重み付け処理等を追加するだけで、配線の局所的な集中を抑制することができ、しかも、大量のデータを追加する必要がないので、従来の配線設計装置への実装が容易である。また、本発明にかかる配線設計方法においては、従来の配線設計方法に簡単な重み付け処理等が追加されるだけなので、従来の配線設計方法に比べても処理時間が殆ど変わらない。また、本発明にかかる配線設計方法において、重み付け係数Wを処理結果等に応じて調整可能にすると、配線長と配線密度とをより最適な状態にすることができる。

【0079】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、デザインルールを守り、しかも、局所的な配線集中を含まない配線設計を、自動的に行なうことができ、しかも、人手による配線および部品配置の修正を不要にすることができる。

【0080】また、本発明によれば、部品配置および相互に接続されるピンの位置関係等のネット情報によらず、デザインルールを守り、かつ、局所的な配線集中を抑えて配線設計を行なうことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明が適応されるコンピュータネットワークの構成を例示する図である。

【図2】図1に示したクライアントコンピュータとサー

17

パソコンコンピュータとの間の機能分担を例示する図である。

【図3】図2に示した配線設計ソフトウェアの処理を示すフローチャートである。

【図4】図3に示したソース要素・シンク要素の分類および対応付け処理（S106）を例示する図である。

【図5】図3に示した監視辺Eの作成処理を例示する図である。

【図6】図3に示したネット発生処理（S110）を示すフローチャートである。

【図7】図6に示した交差を許す重み付け探索処理（S122）を示すフローチャートである。

【図8】図6および図7に示した重み付け探索処理（S122）の処理を例示する第1の図である。

【図9】図6および図7に示した重み付け探索処理（S122）の処理を例示する第2の図である。

【図10】図6および図7に示した重み付け探索処理（S122）の処理を例示する第3の図である。

【図11】図6に示した配線の交差の解消の処理（S124）を例示する図である。

【図12】図11に示した配線の交差部分を拡大して例

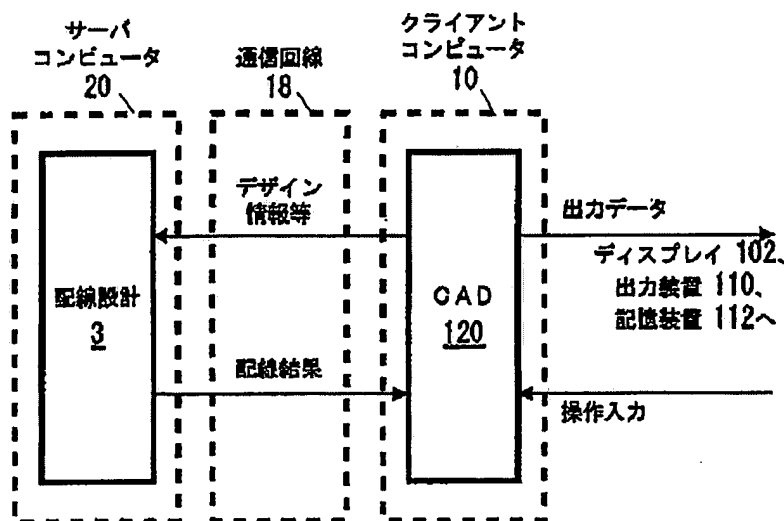
18

示する図である。

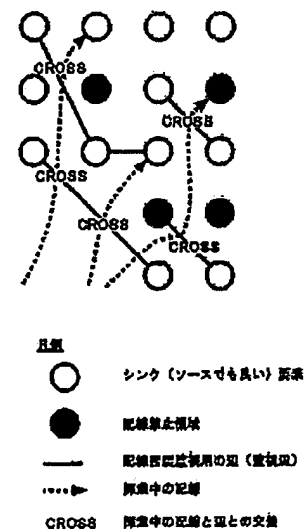
【符号の説明】

- 1・・・コンピュータネットワーク
- 10・・・クライアントコンピュータ
- 100・・・コンピュータ本体
- 102・・・ディスプレイ装置
- 104・・・入力装置
- 106・・・キーボード
- 108・・・マウス
- 110・・・出力装置
- 112・・・記憶装置
- 114・・・通信装置
- 120・・・CADソフトウェア
- 18・・・通信回線
- 20・・・サーバコンピュータ
- 200・・・コンピュータ本体
- 202・・・記憶装置
- 204・・・通信装置
- 3・・・配線設計ソフトウェア

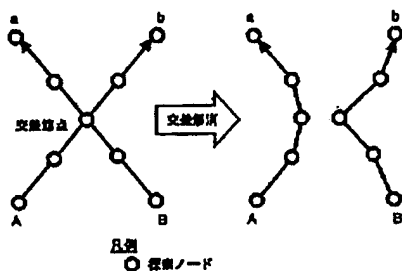
【図2】



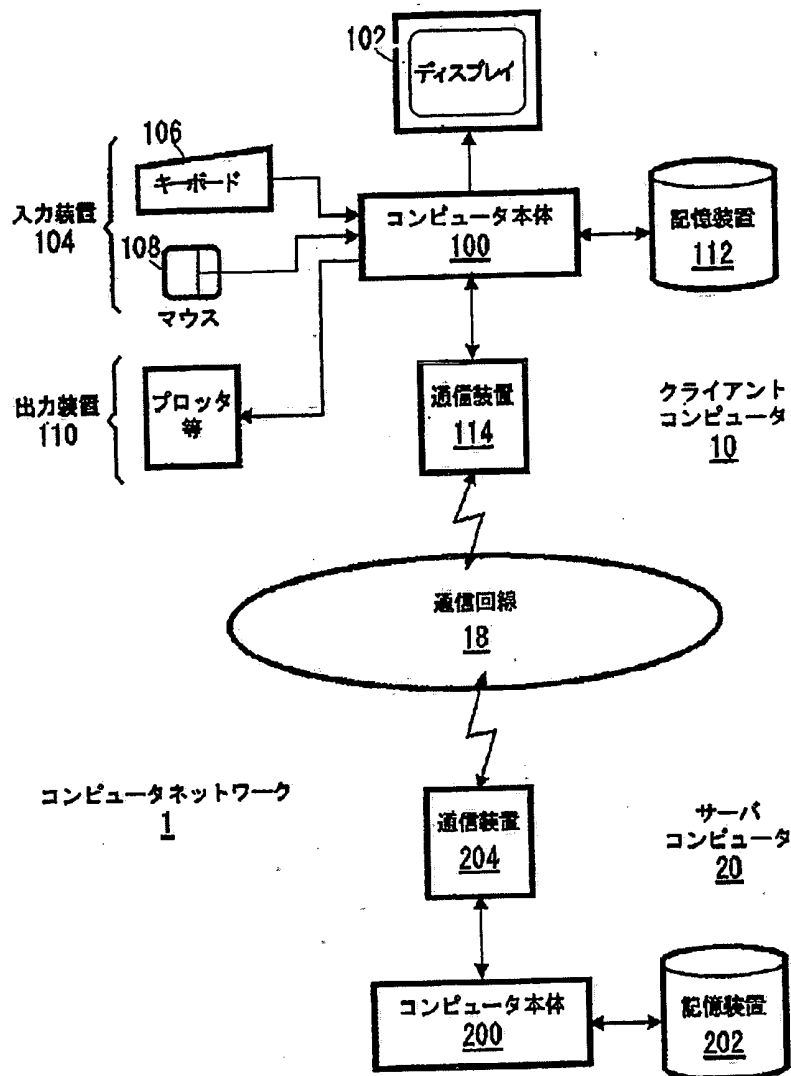
【図5】



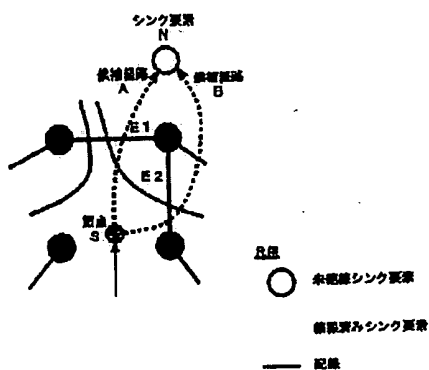
【図12】



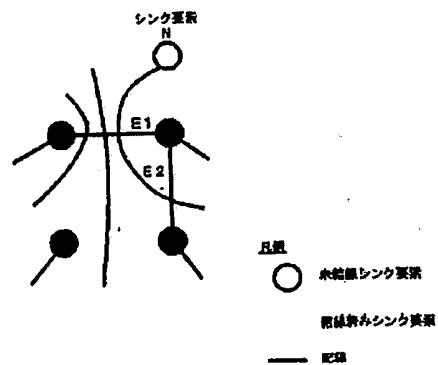
【図1】



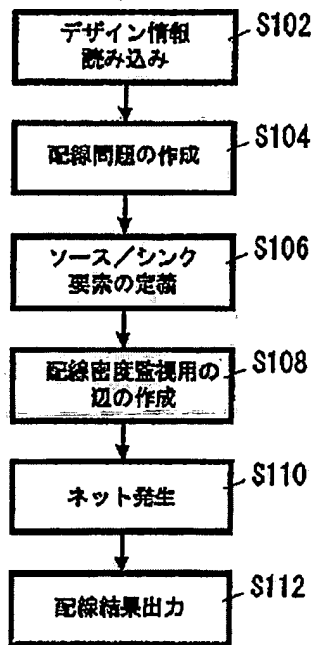
【図8】



【図9】

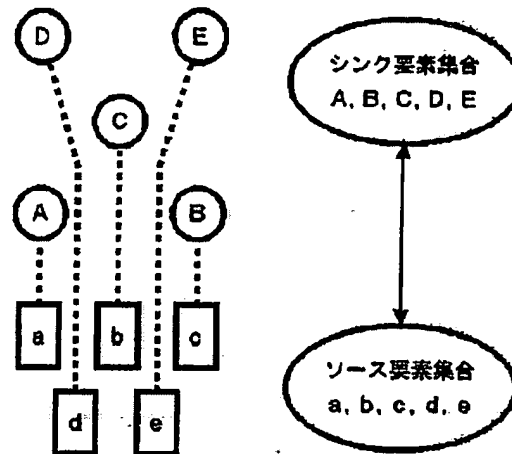


【図3】



S100

【図4】



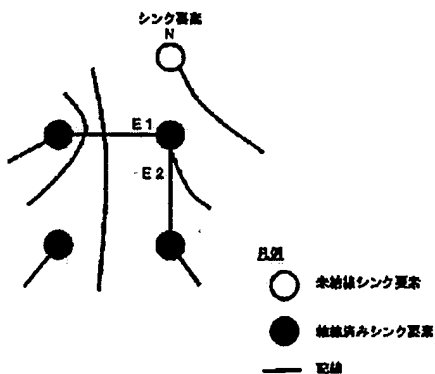
凡例

..... ネット発生した経路

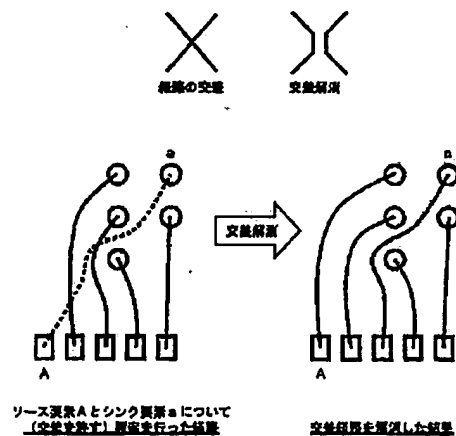
○ シンク要素端子

□ ソース要素端子

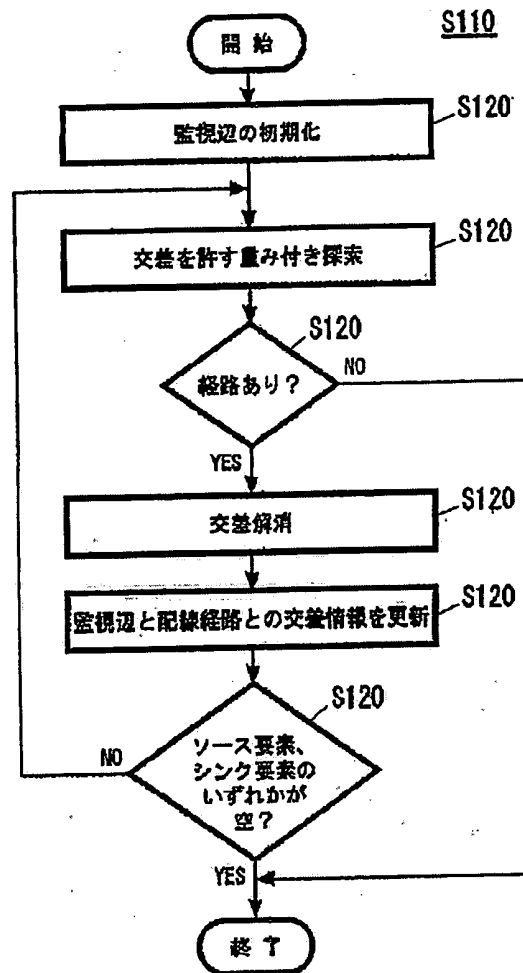
【図10】



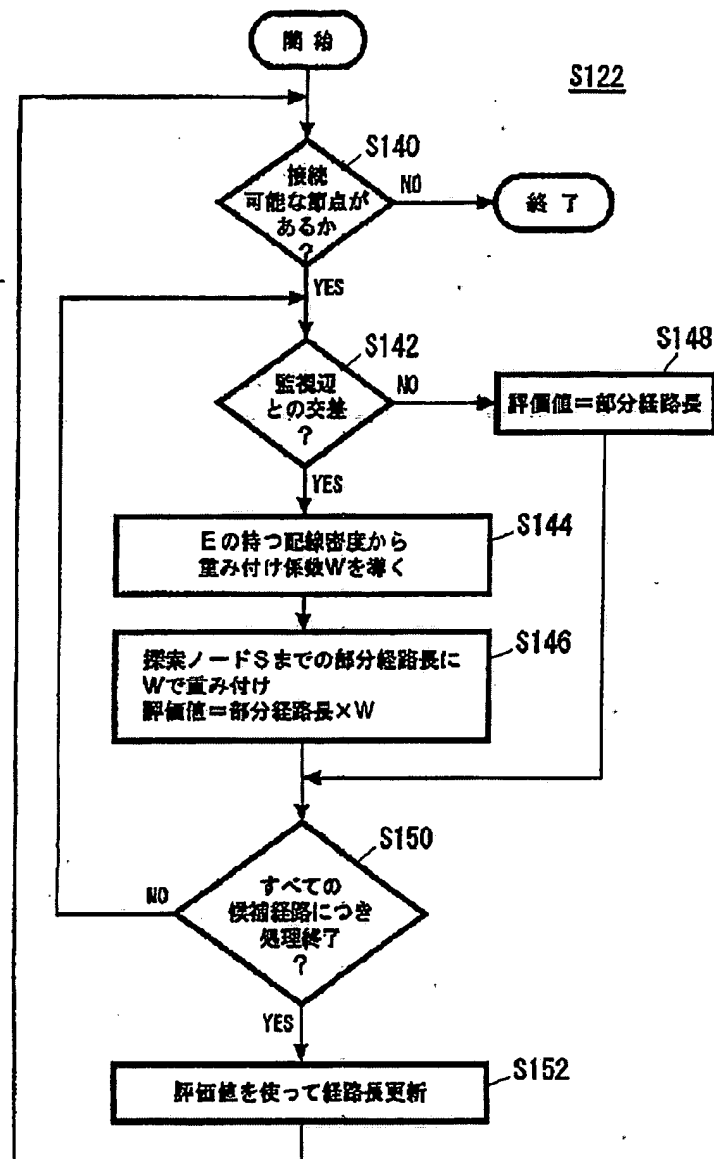
【図11】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

(72)発明者 勝 又 実
神奈川県大和市下鶴間1623番地14 日本アイ・ビー・エム株式会社 大和事業所内

(72)発明者 平 山 和 彦
神奈川県大和市下鶴間1623番地14 日本アイ・ビー・エム株式会社 大和事業所内

